

527,020

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

Rec'd PCT/PTO

08 MAR 2005

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 6 月 17 日 (17.06.2004)

PCT

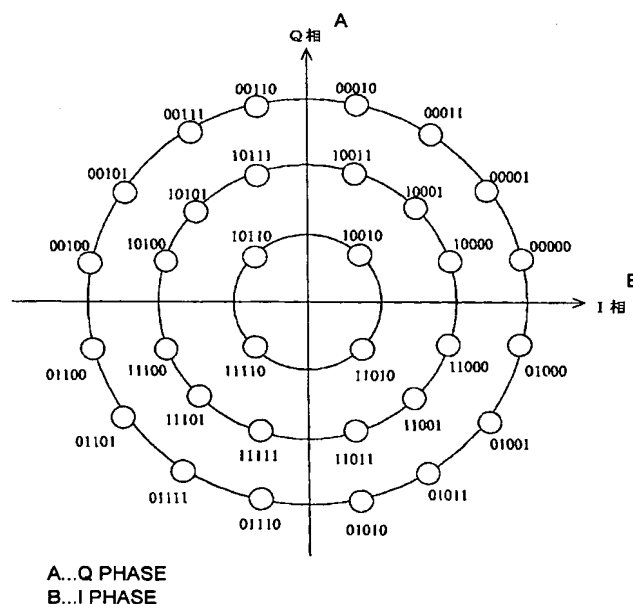
(10) 国際公開番号
WO 2004/051953 A1

- (51) 国際特許分類: H04L 27/34
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015082
- (22) 国際出願日: 2003 年 11 月 26 日 (26.11.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ: 特願2002-353491 2002 年 12 月 5 日 (05.12.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立国際電気 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目 1 4 番 2 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 川原 伸章 (KAWAHARA, Nobuaki) [JP/JP]; 〒164-8511 東京都 中野区 東中野三丁目 1 4 番 2 0 号 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 守山 辰雄, 外 (MORIYAMA, Tatsuo et al.); 〒150-0021 東京都 渋谷区 恵比寿西二丁目 7 番 1 0 号 第 6 ミトモビル 8 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 通信方法



(57) Abstract: A communication method using M signal points arranged on the I-Q plane so as to improve the characteristics of communication. The M signal points are arranged on the I-Q plane at regular intervals a both in the I-axis and Q axis directions, centering the origin of the I-Q plane, in such a way that within a circle the radius of which is the distance b between a point having the maximum values both in the I-axis and Q-axis directions and the origin, or within the circle and on its periphery, the distance between arbitrary two signal points is longer than the regular intervals a and the distance between at least one set of signal points is longer than the regular intervals a .

(57) 要約: I-Q 平面上に配置される複数である M 個の信号点を用いて通信する通信方法で、通信の特性を向上させる。 M 個の信号点を I-Q 平面上に原点を中心として I 軸方向及び Q 軸方向についてそれぞれ等間隔 a となるように配置した場合における I 軸

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 2004/051953 A1



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

規則4.17に規定する申立て:

- AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)の指定のための出願し及び特許を与えられる出願人の資格に関する申立て (規則4.17(ii))

- USの指定のための先の出願に基づく優先権を主張する出願人の資格に関する申立て (規則4.17(iii))

添付公開書類:

- 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

通信方法

技術分野

本発明は、I - Q平面上に配置される複数の信号点を用いて通信する通信方法
5 などに関し、特に、通信の特性を向上させる通信方法などに関する。

背景技術

例えば、デジタル移動体通信では、32QAM (Quadrature Amplitude Modulation) や64QAMなどの多値直交振幅変調及びその復調を用いて通信することが行われている。

10 一例として、3kHzの狭帯域で9.6kbpsのデータを送信する場合、従来では、32QAM若しくは64QAMで実現することが一般的である。

第9図には、9.6kbpsのデータ通信を行う場合における32QAMと64QAMのそれぞれの諸元の一例を示してある。なお、冗長情報とは、通信の同期及び波形等化に使用する送受間で既知のパターンのことを表しており、例えばユニークワード (UW: Unique Word) などとして構成される。
15

同図に示した冗長情報と通信対象となるデータとの情報量の比 (冗長情報 : データ比) によると、64QAMを採用する方が望ましいが、例えば、非線形歪が生じる環境で64QAMを使用する場合には最小の信号点間隔 (信号点間距離) が小さすぎるという問題がある。そこで、従来では、使用環境において非線形歪が生じるか否かを条件として、生じる場合には32QAMを採用する一方、生じない場合には64QAMを採用することが一般的である。
20

第10図には、32QAMについて、単純な多値化を行った結果として得られるシンボルマッピングのパターンの一例を示してあり、32QAMの信号点 (シ

ンボル) の配置は一般的には同図に示したようになる。

具体的には、同図には、I 相成分の軸 (I 軸) を横軸とするとともに Q 相成分の軸 (Q 軸) を縦軸とする直交座標平面である I-Q 平面を示してあり、当該 I-Q 平面の上に複数である 32 個の信号点が配置されている。同図では、それぞれの
5 信号点を白丸 (○) 或いは黒丸 (●) で示してある。

また、32 個の信号点は、原点 (I 軸方向の座標値が 0 であり Q 軸方向の座標値が 0 である点) を中心として、隣り合う 2 個の信号点が I 軸方向について等間隔となるように且つ Q 軸方向について等間隔となるように配置されている。また、信号点の配置が I 軸について対称となっており且つ Q 軸について対称となってい
10 る。

また、同図の例では、振幅が最も大きくなる信号点のうちの 2 個の信号点をユニークワード (UW) を構成するための信号点として用いており、同図では黒丸 (●) で示してある。

なお、QAM の信号点配置に関する従来技術の例として、スター型の 16 QAM
15 M 信号点配置では、2 段の 8 PSK (Phase Shift Keying) の信号点配置に相当し、第 1 の円に 8 点の信号点が配置され、第 2 の円に 8 点の信号点が配置されている (例えば、特許文献 1 参照。)。なお、このスター型の 16 QAM 信号点配置は、本発明に係る信号点配置とは相違するものであり、例えば、最小の信号点間隔について考慮されておらず、また、本発明に係る信号点配置と比べて復調に際して発生す
20 る誤りの確率が高くなる。

特許文献 1

特開平 8-97876 号公報

上述のように、従来における 32 QAM や 64 QAM などの変調方式及びその復調方式を採用する通信では、例えば非線形歪の発生源を含む環境で用いられる
25 ような場合に、通信の特性が不十分となってしまうことが生じるといった不具合が

あり、現在（従来）と比べて通信品質を向上させたいといった要求があった。

ここで、このような従来課題を具体的に説明する。

第11図には、上記第10図に示した従来の32QAMの信号点配置を用いて、非線形歪の発生源を含む環境で通信する場合における特性の一例を示してあり、横
5 軸は信号対雑音比（S/N : Signal to Noise Ratio）[dB]を示しており、縦軸はビット誤り率（BER : Bit Error Rate）を示している。

同図に示されるように、非線形歪の発生源を含む環境では、従来の32QAMのマッピングでは特性の劣化が大きくデータ伝送の使用に耐えることが難しい。

また、通信の特性に大きな劣化を与える要素として、受信機における自動利
10 得制御（AGC : Automatic Gain Control）の特性やLPF（Low Pass Filter）による群遅延が考えられる。特に、AGCについては、通信環境によってはアタックとリカバリの時間が非常に早いものを使用することも想定される。このような場合、振幅情報を有する変調方式では、動作の早いAGCが振幅情報を潰してしまう
15 ことでデータが欠損してしまうという現象が生じ、この結果、特性が劣化してしまうと考えられる。

このような現象に対する解決策として、例えば、AGCの動作を遅くすること
と或いは線形領域でのみの使用を規定することが最も効果的であることが一般的に知られている。しかしながら、例えば無線機を変えずに変復調手段でのみ対処する
20 ような場合には、非線形歪を打ち消すことはほぼ不可能であるため、多値数が多い変調方式を採用することができないのが通常である。

本発明は、このような従来課題を解決するために為されたもので、I-Q平面上に配置される複数の信号点を用いて通信するに際して、例えば従来と比べて、通信の特性を向上させることができる通信方法などを提供することを目的とする。

上記目的を達成するため、本発明に係る通信方法では、次のような信号点配置を採用して、 $I-Q$ 平面上に配置される複数である M 個の信号点を用いて通信する。

すなわち、所定の第1の間隔 b を半径とする円の内部に又は当該円の上を含む
5 当該円の内部に、任意の2個の信号点の間隔が所定の第2の間隔 a 以上であって少なくとも1組の信号点間については当該所定の第2の間隔 a より大きくなるように M 個の信号点を配置して、当該信号点配置を用いて通信する。なお、間隔とは、例えば、 $I-Q$ 平面上での距離を表す。

ここで、所定の第1の間隔 b は、 M 個の信号点を $I-Q$ 平面上に原点を中心
10 として I 軸方向及び Q 軸方向についてそれぞれ等間隔 a となるように配置した場合（以下で、場合Aと言う）における、 I 軸方向の最大値及び Q 軸方向の最大値を有する点と原点との間隔 b に相当する。

また、所定の第2の間隔 a は、当該等間隔 a に相当する。

また、 M 個の信号点を $I-Q$ 平面上に原点を中心として I 軸方向及び Q 軸方
15 向についてそれぞれ等間隔 a となるように配置した場合は、例えば、上記第10図（同図では、32QAMの例）に示したような従来における一般的な信号点配置の場合に相当し、このとき、当該等間隔 a は従来における M 値のQAMにおいて I 軸方向或いは Q 軸方向で隣り合う2個の信号点の間隔に相当する。なお、例えば上記第10図に示されるように、従来における一般的な信号点配置では、配置される信
20 号点が全体として正方形或いはその一部が欠けたような形となる。

また、上記第10図に示されるように、従来における一般的な信号点配置では、例えば、 I 軸について対称となり、 Q 軸について対称となり、 $+45$ 度方向の直線（ $= -135$ 度方向の直線）について対称となり、 $+135$ 度方向の直線（ $= -45$ 度方向の直線）について対称となる。また、上記第10図に示されるように、
25 従来における一般的な信号点配置では、例えば、原点や I 軸上や Q 軸上に信号点が

配置されずに、 $I-Q$ 平面上の4つの座標 $(+a/2, +a/2)$ 、 $(-a/2, +a/2)$ 、 $(-a/2, -a/2)$ 、 $(+a/2, -a/2)$ のそれぞれに信号点が配置されてそこから次第に信号点の配置領域を周囲に広げていくように必要な数の信号点が配置されたようなものとなる。

- 5 従って、例えば、従来における I 軸方向の最大値及び Q 軸方向の最大値を有する点と原点との間隔 b を半径とする円の上或いは当該円の内部の領域を用いて、任意の2個の信号点の間隔が従来における最小の信号点間隔 a 以上となって1組以上の信号点間隔については従来における最小の信号点間隔 a より大きくなるように M 個の信号点が配置されるため、従来と比べて、通信の特性を向上させることができる。
- 10 ことができ、これにより、通信品質を向上させることができる。

ここで、複数である M 個の信号点の個数としては、種々な数が用いられてもよく、例えば、16、32、64、128、256、・・・などの数を用いることができる。

- また、例えば、それぞれの信号点はそれぞれ異なる値に相当するデータと対応させられ、送信側ではデータを対応する信号点へ変換（変調）して送信し、受信側では受信した信号点を対応するデータへ変換（復調）する。データの値としては、例えば、デジタル値が用いられる。
- 15

- また、前記場合 A における I 軸方向の最大値及び Q 軸方向の最大値を有する点とは、例えば、 M 個の信号点の中で I 軸方向の座標値が最大となる信号点の当該座標値を I 軸方向の座標値とするとともに M 個の信号点の中で Q 軸方向の座標値が最大となる信号点の当該座標値を Q 軸方向の座標値とした点のことである。なお、この点は、必ずしも M 個の信号点のいずれかに相当するとは限らず、例えば上記第10図に示した場合のように、 M 個の信号点のいずれにも相当しない場合もある。
- 20

- また、円の内部に又は当該円の上を含む当該円の内部に M 個の信号点を配置する態様としては、例えば、当該円の上を含まない当該円の内部に M 個の信号点を
- 25

配置する態様が用いられてもよく、或いは、当該円の上にM個の信号点のうちの一部の信号点を配置して当該円の内部に残りの信号点を配置するような態様が用いられてもよい。

また、任意の2個の信号点の間隔が所定の第2の間隔 a 以上であって少なくとも1組の信号点間については当該所定の第2の間隔 a より大きくなる態様としては、例えば、全ての組み合わせに係る2個の信号点の間隔が所定の第2の間隔 a 以上であって、且つ、1組又は複数の組の信号点間ではその間隔が当該所定の第2の間隔 a より大きくなるような態様が用いられ、種々な態様が用いられてもよい。

また、2個の信号点の間隔が所定の第2の間隔 a より大きくなる組み合わせの数としては、1以上であれば、種々な数が用いられてもよい。つまり、全ての組み合わせに係る2個の信号点の間隔が所定の第2の間隔 a 以上であることから従来と比べて通信の特性が劣化することはなく、且つ、1組以上の信号点間ではその間隔が当該所定の第2の間隔 a より大きくなることから従来と比べて通信の特性を向上させることができる。

また、本発明に係る通信方法では、一構成例として、 $I-Q$ 平面上の原点を中心とする複数の円の上にM個の信号点が配置され、それぞれの円の半径は最小の円の半径の整数倍であり、最大の円の半径は前記間隔 b である。

従って、このような同心円状の信号点配置により、信号点を配置する $I-Q$ 平面上の領域の有効利用が可能である。

ここで、複数の円の数としては、種々な数が用いられてもよい。

また、それぞれの円の半径としては、例えば、最小の円の半径の1倍や、2倍や、3倍や、・・・といった半径が用いられる。

また、本発明に係る通信方法では、一構成例として、それぞれの円の上には、4の整数倍個の信号点が、等間隔で、 I 軸対称で且つ Q 軸対称で、配置される。

従って、このような対称的な信号点配置により、信号点を配置する $I-Q$ 平面

上の領域の有効利用が可能である。

ここで、4の整数倍個としては、例えば、4個や、8個や、12個や、16個や、・・・といった数個が用いられる。

また、1つの円の上に複数の信号点を等間隔で配置することは、当該円の上に
5 おいて隣り合う2個の信号点のI-Q平面上での角度(位相)の差が全て等しいことに相当する。

また、本発明に係る通信方法では、次のようにして、受信信号の信号点を、I-Q平面上に配置される複数であるM個の信号点のいずれかに対応するデータへ変換する。

10 すなわち、受信信号の信号点のレベルについての判定を行うとともに、当該受信信号の信号点のI-Q平面上での位相についての判定を行い、そして、当該受信信号の信号点を、これらの判定結果(つまり、レベルについての判定結果及び位相についての判定結果)に基づく値に相当するデータへ変換する。

従って、例えば本発明に係る信号点配置又は他の信号点配置を用いてデータ
15 から信号点へ変換されたものを、簡易な処理により、当該信号点のレベル及び位相に基づいて元のデータへ変換することができる。具体的には、受信信号の信号点がM個の信号点のうちのいずれであるかを特定して当該特定した信号点に対応するデータへ変換するための処理の一例を実現している。

ここで、受信信号の信号点のレベルについての判定としては、種々な判定が
20 用いられてもよく、例えば、当該信号点のレベルを一意的に判定(特定)する態様や、或いは、当該信号点のレベルと所定の閾値との大小を判定(比較)する態様などを用いることができる。

また、受信信号の信号点の位相についての判定としては、種々な判定が用いられてもよく、例えば、当該信号点の位相を一意的に判定(特定)する態様や、或い
25 は、当該信号点の位相と所定の閾値との大小を判定(比較)する態様などを用いる

ことができる。

また、本発明に係る通信システムでは、次のような構成により、 $I-Q$ 平面上に配置される複数である M 個の信号点を用いて、送信側の通信装置から受信側の通信装置へ信号を通信する。

- 5 すなわち、送信側の通信装置では、信号点変換手段が、 M 個の信号点を $I-Q$ 平面上に原点を中心として I 軸方向及び Q 軸方向についてそれぞれ等間隔 a となるように配置した場合における I 軸方向の最大値及び Q 軸方向の最大値を有する点と原点との間隔 b を半径とする円の内部に又は当該円の上を含む当該円の内部に任意の2個の信号点の間隔が当該等間隔 a 以上であって少なくとも1組の信号
- 10 点間については当該等間隔 a より大きくなるように M 個の信号点を配置する信号点配置を用いて、送信対象となるデータを信号点へ変換する。そして、送信側の通信装置では、信号送信手段が、信号点変換手段により変換された信号点から構成される信号を送信する。

- また、受信側の通信装置では、信号受信手段が信号を受信し、信号点位置判定
- 15 手段が受信信号の信号点の $I-Q$ 平面上での位置についての判定を行う。そして、受信側の通信装置では、データ変換手段が、受信信号の信号点を、信号点位置判定手段による判定結果に基づいて識別される信号点に対応するデータへ変換する。

従って、このような信号点配置を用いて通信することにより、良好な通信特性で通信することができ、これにより、良好な通信品質を実現することができる。

- 20 ここで、通信システムとしては、例えば、携帯電話システムや簡易型携帯電話システム（PHS：Personal Handy phone System）など、種々なシステムが用いられてもよい。

- また、送信側の通信装置としては、種々なものが用いられてもよく、必ずしも送信機能のみを有する通信装置ばかりでなく、送信機能と受信機能との両方を有
- 25 する通信装置が用いられてもよい。

また、受信側の通信装置としては、種々なものが用いられてもよく、必ずしも受信機能のみを有する通信装置ばかりでなく、送信機能と受信機能との両方を有する通信装置が用いられてもよい。

また、通信に用いられる信号点配置や、それぞれの信号点とデータとの対応
5 は、例えば、送信側の通信装置や、受信側の通信装置に設定される。

また、送信対象となるデータとしては、種々なものが用いられてもよい。

また、送信対象となるデータを信号点へ変換することにより得られる当該信号点の数としては、1又は複数となる。

また、信号送信手段により送信する信号としては、必ずしも送信対象となる
10 データが変換されて得られる信号点のみから構成される信号でなくともよく、例えば、ユニークワードのような他の情報の信号点を含むような信号が用いられてもよい。

また、受信信号の信号点のI-Q平面上での位置についての判定としては、種々な判定が用いられてもよく、例えば、当該信号点の位置を一意的に判定(特定)
15 する態様や、或いは、当該信号点が所定の複数の領域の中のいずれに位置するかを判定する態様などを用いることができる。なお、受信信号の信号点は、例えば、通信に用いられる理論的な複数の信号点の中で最も近い信号点に識別される。

以下で、更に、本発明の構成例を示す。

本発明では、一構成例として、信号点がI-Q平面上で位置する象限に基づく
20 値と、当該信号点のレベルに基づく値と、当該信号点のI-Q平面上での位相に基づく値を組み合わせたデータと、当該信号点とを対応させる。

ここで、象限としては、例えば、I-Q平面上の第1象限、第2象限、第3象限、第4象限が用いられる。

また、象限に基づく値と、レベルに基づく値と、位相に基づく値を組み合わ
25 せる態様としては、例えば、複数のビット(bit)値を並べて構成されるデータ

を用いることとして、当該複数のビット値の並びを3つの部分に分けて、それぞれのビット値部分とそれぞれの要素（象限、レベル、位相。なお、順序は任意）に基づく値とを対応させるような態様を用いることができる。

5 なお、ここでは、信号点に対応するデータの値を特定するために用いる要素として、象限とレベルと位相を用いる構成例を示したが、他の構成例として、これらの要素のうちの一部のみを用いる態様や、或いは、他の要素を用いる態様などを実施することも可能である。

また、本発明では、一構成例として、次のように信号点を配置して、 $I-Q$ 平面上に配置される複数である M 個の信号点を用いて通信する。

10 すなわち、 M 個の信号点を、原点を中心とする複数の円の上に配置し、また、それぞれの円の上において隣り合う2個の信号点の間隔の最小値及び隣り合う2個の円のそれぞれの上の信号点の間隔の最小値が、共に、所定の間隔 r 以上であって少なくとも1組の信号点間については当該間隔 r より大きくなるようにする。

ここで、所定の間隔 r としては、例えば、要求される通信特性に応じて設定
15 され、具体的には、通常、要求される通信特性が良好な特性であるほど、所定の間隔 r は大きい値に設定される。

なお、所定の間隔 r としては、種々な値が用いられてもよい。

また、本発明では、一構成例として、次のようにして、受信信号の信号点を、 $I-Q$ 平面上に配置される複数である M 個の信号点のいずれかに対応するデータ
20 へ変換する。

すなわち、受信信号の信号点が $I-Q$ 平面上で位置する象限に基づいて値を特定し、当該受信信号の信号点のレベルに基づいて値を特定し、当該受信信号の信号点の $I-Q$ 平面上での位相に基づいて値を特定し、当該受信信号の信号点を、これらの値の組み合わせに相当するデータへ変換する。

25 なお、ここでは、象限とレベルと位相といった要素を用いて信号点に対応す

るデータへ変換する構成例を示したが、他の構成例として、これらの要素のうちの一部のみに用いる態様や、或いは、他の要素を用いる態様などを実施することも可能である。

また、本発明は、種々な形態で提供することが可能である。

5 具体的には、本発明は、例えば、通信装置、送信機、受信機、通信システム、基地局装置、中継装置、中継増幅装置、移動局装置、変調装置、復調装置、マッピング装置、デマッピング装置などとして提供することが可能である。また、本発明は、例えば、装置、方法、方式、プログラム、記憶媒体などの種々な形態で提供することが可能である。

10 なお、通信としては、無線の通信が用いられてもよく、有線の通信が用いられてもよく、或いは、無線と有線との両方の通信が用いられてもよい。

 また、以上に関して、他の構成例として、任意の2個の信号点の間隔の大きさについては特に限定しないこととして、従来とは異なる信号点配置を実現することも可能である。このような信号点配置では、例えば、従来とは異なる新規な信号
15 点配置による通信を実現することができ、また、例えば、それぞれの個別の組の信号点間隔については任意であるが全体として従来と比べて通信の特性が向上するような信号点配置とすることも可能である。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例に係る通信システムの構成例を示す図である。

20 第2図は、32QAMのシンボルマッピングの一例を示す図である。

 第3図は、32QAMのシンボルマッピングについて本提案例と従来例とを比較するための図である。

 第4図は、デマッピングを説明するための図である。

 第5図は、デマッピング処理の手順の一例を示す図である。

第6図は、通信の特性について本提案例と従来例とを比較するための図である。

第7図は、64QAMのシンボルマッピングの一例を示す図である。

第8図は、64QAMのシンボルマッピングの他の一例を示す図である。

第9図は、9.6kbp/sのデータ通信を行う場合における32QAM及び64QAMに関する特性の一例を示す図である。

第10図は、従来例に係る32QAMのシンボルマッピングを示す図である。

第11図は、従来例に係る非線形歪の発生源を含む環境における通信の特性の一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

10 本発明に係る一実施例を図面を参照して説明する。

第1図には、本発明の一実施例に係る通信システムの構成例を示してある。

本例の通信システムは、シンボルマッピングを含む変調処理を行う通信装置（以下で、送信側の通信装置と言う）と、シンボルデマッピングを含む復調処理を行う通信装置（以下で、受信側の通信装置と言う）とを通信路21を介して接続して構成されている。

送信側の通信装置には、シンボル分離部1と、ユニークワード(UW)パターン発生部2と、フレーム生成部3と、シンボルマッピング部4と、正弦波発生部5と、90度移相部6と、ロールオフフィルタリング部7と、加算部8が備えられている。

20 受信側の通信装置には、正弦波発生部11と、90度移相部12と、I/Q分離部13と、シンボル同期部14と、データ等化部15と、シンボルデマッピング部16が備えられている。

まず、本例の通信システムで用いられる信号点配置について説明する。

本例では、5ビット分のデータを表すことが可能な32QAMが通信に用いら

れるとし、32QAMを例として説明を行う。

第2図には、本例で用いられる32QAMのシンボルマッピングの一例を示しており、I相成分の軸（I軸）を横軸とするとともにQ相成分の軸（Q軸）を縦軸とするI-Q平面上に32個の信号点（白丸（○）で表す）が配置されている。

- 5 本例では、基本的なベースバンド変調方式を用いており、同図に示されるように、同一の円の上（円周上）に複数の信号点（シンボル）を配置するマッピングを複数の円について組み合わせる信号点配置が用いられている。具体的には、本例では、3個の円を設けて、最も半径が大きく最も外側の円（以下で、最外円と言う）の同一円周上に16個のシンボルを配置し、当該最外円より半径が小さい中間の円
- 10 （以下で、中間円と言う）の同一円周上に12個のシンボルを配置し、当該中間円より半径が小さい最も内側の円（以下で、最内円と言う）の同一円周上に4個のシンボルを配置している。

- また、同図に示されるように、それぞれの信号点は、5ビットのデジタルデータ“xxxxx”（“x”は1値又は0値）のいずれかに対応しており、それぞれ
- 15 異なる値を表している。

 本例では、同図に示される信号点配置に関する情報や、それぞれの信号点とデジタルデータの値との対応に関する情報が、送信側の通信装置及び受信側の通信装置に、互いに対応する内容の情報として、例えばテーブル情報などの形式により設定されている。

- 20 また、本例では、振幅が最も大きくなる最外円の円周上に位置する信号点を用いてUWパターンを構成するが、必ずしも最外円の円周上に位置する信号点がUWパターンのために用いられなくともよく、他の信号点が用いられてもよい。

 次に、第3図（a）、（b）を参照して、上記第2図に示した本例の信号点配置について更に詳しく説明する。

- 25 第3図（a）には、上記第10図に示した従来例に係る32QAMの信号点配

置を示してある。

第3図(b)には、上記第2図に示した本例(本提案例)に係る32QAMの信号点配置を示してある。

まず、従来のQAMにおいて1つの象限内のI軸方向或いはQ軸方向を見た場合に配置される信号点の最大数を p とする。具体的には、例えば、第3図(a)に示される32QAMでは各象限内のI軸方向やQ軸方向を見るとそれぞれ最大で3個の信号点が配置されるため $p=3$ となり、また、16QAMでは $p=2$ となる。

従来では、例えば、 p を1以上の整数として、I軸方向の座標値 $i = (-p + 1/2), \{-(p-1) + 1/2\}, \dots, (-2 + 1/2), (-1 + 1/2), (1 - 1/2), (2 - 1/2), \dots, \{(p-1) - 1/2\}, (p - 1/2)$ となり、且つ、Q軸方向の座標値 $q = (-p + 1/2), \{-(p-1) + 1/2\}, \dots, (-2 + 1/2), (-1 + 1/2), (1 - 1/2), (2 - 1/2), \dots, \{(p-1) - 1/2\}, (p - 1/2)$ となる $4p^2$ 個の信号点の全て或いは一部である M 個の信号点を用いて、 M 値のQAMが実現されている。このとき、I-Q平面上の座標値 $(i, q) = (p - 1/2, 0)$ 或いは $(0, p - 1/2)$ である点と原点との間隔を L とすると、座標値 $(i, q) = (p - 1/2, p - 1/2)$ である点と原点との間隔は $2^{1/2}L$ となる。

なお、本実施例などで言う座標値は、説明の便宜上から適当な値を記載したものであり、必ずしも同一の座標値が用いられなくともよい。

第3図(a)に示した従来例では、 $M=32$ 、 $p=3$ となる。また、I軸方向或いはQ軸方向において隣り合う2個の信号点の間隔を a とし、座標値 $(i, q) = (3 - 1/2, 3 - 1/2)$ である点と原点との間隔を b とすると、 $L = (3 - 1/2)a$ となり、 $2^{1/2}L = b$ となる。また、最小の信号点間隔(信号点間距離)は a となる。

つまり、上記では、 $L = (p - 1 / 2)$ として、I 軸方向或いは Q 軸方向において隣り合う 2 個の信号点の間の距離 (座標値の差) が 1 であるとみなして説明を行ったが、本例のように、当該距離が a である場合には、 $L = (p - 1 / 2) a$ となり、これから、 $a = L / (p - 1 / 2) = 2 L / (2 p - 1) = \{ 2^{1/2} b /$
 5 $(2 p - 1) \}$ となる。

本例では、 M 個の信号点を、半径 z の円の内部又は当該円の上を含む当該円の内部に、任意の 2 個の信号点の間隔が $\{ 2^{1/2} z / (2 p - 1) \}$ 以上であって少なくとも 1 組の信号点間については当該 $\{ 2^{1/2} z / (2 p - 1) \}$ より大きくなるように、配置する。

10 なお、一構成例として、半径 z を可能な範囲の中で最小の値とすると、信号点配置に使用する I - Q 平面上の領域を最小とすることができて好ましい。

第 3 図 (b) に示した本例では、前記半径 $z = 3 c = b$ としており、信号点を配置する領域が従来における最大振幅 b の内側に収まるようにしてある。また、本例では、半径が c である最内円と、半径が $2 c$ である中間円と、半径が $3 c$ である最外円を設けて、同一の円の円周上における最小の信号点間隔 p_1 、 p_2 、 p_3
 15 及び隣り合う 2 個の円の円周上の間の最小の信号点間隔 p_4 、 p_5 が従来における最小の信号点間隔 a と比べて大きくなるように配置されている。

具体的には、本例では、第 1 象限～第 4 象限のそれぞれに 8 個ずつの信号点が配置されており、これらの信号点が I 軸について対称であり且つ Q 軸について対称となっている。また、第 1 象限を例とすると、最内円では 45 度 (°) の角度 (位相) 方向に 1 個の信号点が配置されており、中間円では 15 度、45 度、75 度の角度方向のそれぞれに 1 個ずつの信号点が配置されており、最外円では 11.25 度、33.75 度、56.25 度、78.75 度の角度方向のそれぞれに 1 個ずつの信号点が配置されている。

25 次に、上記第 1 図に示した本例の通信システムにより行われる動作の一例を

示す。

本例では、例えば、従来においてアナログ音声通信に使用されてきた周波数帯域を用いてデータを音声信号とみなして伝送し、データの有効な周波数帯域幅が 3 k H z 程度である狭帯域のデータ通信環境において高速なデータ通信を実現する
5 ことを図る。

送信側の通信装置により行われる動作の一例を示す。

まず、送信対象となるデジタルデータが処理系に入力され、シンボル分離部 1 に入力される。

シンボル分離部 1 は、入力されるデジタルデータの系列から 1 シンボル分のビットデータを区切って取り出し、取り出したビットデータをフレーム生成部 3 へ出力する。本例では、シンボル分離部 1 は、入力されるデジタルデータ系列を 5 ビット毎のデータ系列に区切る。
10

UWパターン発生部 2 は、送受間（送信側と受信側）において共通に設定されていて既知であるパターン（例えば、40 ビット分のデータ）を UW パターンとして発生させ、当該 UW パターンをフレーム生成部 3 へ出力する。
15

フレーム生成部 3 は、シンボル分離部 1 から入力されるデジタルデータ系列の一定長分（1 フレーム分）のデータの先頭或いは他の位置に、UW パターン発生部 2 から入力される UW パターンのデータを付加して、フレームデータを生成し、当該フレームデータをシンボルマッピング部 4 へ出力する。

シンボルマッピング部 4 は、送受間において共通に設定されていて既知である信号点配置（シンボルマッピングパターン）に従って、フレーム生成部 3 から入力されるフレームデータを I 相成分のデータ及び Q 相成分のデータへ変換（I / Q マッピング）して、当該 I 相成分のデータ及び当該 Q 相成分のデータをロールオフフィルタリング部 7 へ出力する。本例では、上記第 2 図に示した 32 QAM のシンボルマッピングパターンが用いられており、それぞれの信号点のデータは当該信号
20
25

点の I 軸方向の座標値に応じた値から成る I 相成分のデータと Q 軸方向の座標値に応じた値から成る Q 相成分のデータから構成される。

正弦波発生部 5 は、無線通信で用いられるキャリアの中心周波数を有する正弦波の信号を発生させ、当該正弦波の信号を 90 度移相部 6 及びロールオフフィル

5 タリング部 7 へ出力する。

90 度移相部 6 は、正弦波発生部 5 から入力される正弦波の信号を 90 度だけ移相し（位相をずらし）、これにより得られる前記キャリアの中心周波数を有する余弦波の信号をロールオフフィルタリング部 7 へ出力する。

10 ロールオフフィルタリング部 7 は、シンボルマッピング部 4 から入力される I 相成分のデータと正弦波発生部 5 から入力される正弦波の信号とを乗じて当該乗算結果をロールオフフィルタリング処理し、当該処理結果を I 相成分の信号として加算部 8 へ出力するとともに、シンボルマッピング部 4 から入力される Q 相成分のデータと 90 度移相部 6 から入力される余弦波の信号とを乗じて当該乗算結果をロールオフフィルタリング処理し、当該処理結果を Q 相成分の信号として加算部
15 8 へ出力する。

加算部 8 は、ロールオフフィルタリング部 7 から入力される I 相成分の信号と Q 相成分の信号とを加算する。当該加算結果は、送信側の通信装置に備えられた送信機の機能により、変調波の信号としてアンテナから通信路 21 へ無線により送信される。

20 送信側の通信装置から無線送信される変調波信号は、無線の通信路 21 を介して受信側の通信装置へ伝送され、受信側の通信装置に備えられた受信機の機能によりアンテナを用いて受信される。

受信側の通信装置により行われる動作の一例を示す。

受信される変調波信号は、I/Q 分離部 13 に入力される。

25 正弦波発生部 11 は、無線通信で用いられるキャリアの中心周波数を有する正

弦波の信号を発生させ、当該正弦波の信号を90度移相部12及びI/Q分離部13へ出力する。

90度移相部12は、正弦波発生部11から入力される正弦波の信号を90度だけ移相し（位相をずらし）、これにより得られる前記キャリアの中心周波数を有する余弦波の信号をI/Q分離部13へ出力する。

I/Q分離部13は、受信されて入力される変調波信号と正弦波発生部11から入力される正弦波の信号とを乗じて当該乗算結果をローloffフィルタリング処理し、当該処理結果をI相成分のデータとしてシンボル同期部14へ出力するとともに、当該変調波信号と90度移相部12から入力される余弦波の信号とを乗じて当該乗算結果をローloffフィルタリング処理し、当該処理結果をQ相成分のデータとしてシンボル同期部14へ出力する。

シンボル同期部14は、I/Q分離部13から入力されるI相成分のデータから構成されるフレームデータ及びQ相成分のデータから構成されるフレームデータを取得し、例えば各フレームについて、相関演算処理や最大相関値の探索処理によりUWパターンの位置（タイミング）を検出してシンボル同期のタイミングを検出し、検出したシンボル同期タイミングに従ってI相成分の受信フレームデータ及びQ相成分の受信フレームデータをデータ等化部15へ出力する。

データ等化部15は、シンボル同期部14により検出されるUWパターンの位置に基づくトレーニングにより等化係数を予測して設定し、当該等化係数を用いて、その後にシンボル同期部14から入力されるI相成分の受信フレームデータ及びQ相成分の受信フレームデータのそれぞれについて、位相歪の成分や振幅歪の成分を除去し、当該歪除去後（等化後）のI相成分の受信フレームデータ及びQ相成分の受信フレームデータをシンボルデマッピング部16へ出力する。

なお、本例では、データ等化部15による等化の前処理として、次のようにして、受信したデータに生じている位相の変動を補償する。

- すなわち、補償対象となるデータ部分の前後におけるUWパターンに基づいて当該UWパターンの位置における位相の変動値を算出し、算出した位相変動値を用いてその間の位置における位相変動値を補間することにより当該データ部分に含まれる各シンボル毎の位相変動値を予測し、予測した各シンボル毎の位相変動値の
- 5 複素共役を当該各シンボル毎のデータに乗ずることにより、当該データ部分に含まれる当該各シンボル毎の位相変動を補償する。

- シンボルデマッピング部16は、送受間において共通に設定されていて既知である信号点配置（シンボルマッピングパターン）に従って、データ等化部15から入力されるI相成分の受信フレームデータ及びQ相成分の受信フレームデータを、1シンボル毎に対応するビット数のビットデータへ変換（I/Qデマッピング）
- 10 し、変換したビットデータの系列を1ビットずつデジタルデータとして出力する。本例では、上記第2図に示した32QAMのシンボルマッピングパターンが用いられており、受信した各シンボルを構成するI相成分及びQ相成分の組み合わせ（座標値）がいずれの信号点に対応するかを識別し、各シンボルを当該識別された信号
- 15 点に対応する5ビット分のデジタルデータへ変換する。

次に、受信側の通信装置により行われるデマッピング処理を詳しく説明する。

第4図には、上記第2図に示した本例の32QAMの信号点配置を示してあるとともに、本例のデマッピング処理で用いられる間隔（距離）A、Bや角度（位相） $\theta_1 \sim \theta_5$ を示してある。

- 20 具体的には、間隔Aは、最外円と中間円との中間に位置する円の半径に相当し、本例では、 $A = (2 + 1/2)c$ となる。間隔Bは、中間円と最内円との中間に位置する円の半径に相当し、本例では、 $B = (1 + 1/2)c$ となる。

- また、角度 θ_1 、 θ_2 は、第1象限において中間円の円周上に配置される3個の信号点について隣り合う2個の信号点の中間位置の角度に相当し、本例では、角
- 25 度 $\theta_1 = 30$ 度となり、角度 $\theta_2 = 60$ 度となる。

また、角度 $\theta_3 \sim \theta_5$ は、第 1 象限において最外円の円周上に配置される 4 個の信号点について隣り合う 2 個の信号点の中間位置の角度に相当し、本例では、角度 $\theta_3 = 22.5$ 度となり、角度 $\theta_4 = 45$ 度となり、角度 $\theta_5 = 67.5$ 度となる。

5 第 5 図を参照して、本例のデマッピング処理の手順の一例を示す。

本例では、I 相成分のデータ値が i であり、Q 相成分のデータ値が q である受信信号点を対応する 5 ビットのデジタルデータ“ $x x x x x$ ”へ変換する。ここで、“ x ”は 0 値又は 1 値を表し、つまり、1 ビット分のデータを表す。

まず、 i の正負を判定するとともに、 q の正負を判定して、I-Q 平面上の座標値 (i, q) が位置する象限を識別し、これにより、各象限に対応する部分のビット値を特定する (ステップ S 1 ~ ステップ S 7)。なお、 $i = 0$ や $q = 0$ である場合にいずれの象限とするかについては、特に限定はなく、必ずしも本例と同じ処理が行われなくともよい。

具体的には、 $i > 0$ であり (ステップ S 1)、且つ $q > 0$ である場合には (ステップ S 2)、第 1 象限に位置すると識別し、上位から 2 番目及び 3 番目のビット値が“0 0”であると特定して、つまり、デジタルデータが“ $x 0 0 x x$ ”であると特定する (ステップ S 3)。

また、 $i > 0$ であり (ステップ S 1)、且つ $q \leq 0$ である場合には (ステップ S 2)、第 4 象限に位置すると識別し、上位から 2 番目及び 3 番目のビット値が“1 0”であると特定して、つまり、デジタルデータが“ $x 1 0 x x$ ”であると特定する (ステップ S 4)。

また、 $i \leq 0$ であり (ステップ S 1)、且つ $q > 0$ である場合には (ステップ S 5)、第 2 象限に位置すると識別し、上位から 2 番目及び 3 番目のビット値が“0 1”であると特定して、つまり、デジタルデータが“ $x 0 1 x x$ ”であると特定する (ステップ S 6)。

また、 $i \leq 0$ であり（ステップS 1）、且つ $q \leq 0$ である場合には（ステップS 5）、第3象限に位置すると識別し、上位から2番目及び3番目のビット値が“11”であると特定して、つまり、デジタルデータが“x 1 1 x x”であると特定する（ステップS 7）。

5 次に、座標値が（ i 、 q ）である受信信号点の信号パワー $p o w$ を算出し（ステップS 8）、当該信号パワー $p o w$ が上記第4図に示した間隔Aより大きいかなんかを判定する（ステップS 9）。この判定では、当該間隔Aを閾値として、受信信号点が最外円の円周上に位置するか或いは中間円や最内円の円周上に位置するかを識別する。ここで、本例では、信号パワー $p o w$ としては、 $p o w = \{(i^2 + q^2)\}^{1/2}$ を用いる。また、図中の“s q r t”は平方根を表す。なお、信号パワー $p o w = A$ である場合にいずれの円の位置に識別するかについては、特に限定はなく、必ずしも本例と同じ処理が行われなくともよい。

15 具体的には、この判定の結果（ステップS 9）、前記信号パワー $p o w > A$ である場合には、最外円の円周上に位置すると識別し、上位から1番目のビット値が“0”であると特定して、つまり、デジタルデータが“0 x x x x”であると特定する（ステップS 10）。

20 一方、前記信号パワー $p o w \leq A$ である場合には（ステップS 9）、中間円或いは最内円の円周上に位置すると識別し、上位から1番目のビット値が“1”であると特定して、つまり、デジタルデータが“1 x x x x”であると特定し（ステップS 19）、更に、前記信号パワー $p o w$ が上記第4図に示した間隔Bより大きいかなんかを判定する（ステップS 20）。この判定では、当該間隔Bを閾値として、受信信号点が中間円の円周上に位置するか或いは最内円の円周上に位置するかを識別する。なお、信号パワー $p o w = B$ である場合にいずれの円の位置に識別するかについては、特に限定はなく、必ずしも本例と同じ処理が行われなくともよい。

25 具体的には、この判定の結果（ステップS 20）、前記信号パワー $p o w \leq$

Bである場合には、最内円の円周上に位置すると識別し、上位から4番目及び5番目のビット値が“10”であると特定して、つまり、デジタルデータが“xxx10”であると特定する（ステップS21）。これにより、最内円の円周上に位置する信号点について、5ビット分のビット値が全て特定される。

- 5 次に、最外円の円周上に位置する信号点及び中間円の円周上に位置する信号点については、I-Q平面上での位相 *phase* に基づく判定を行う。本例では、位相 *phase* として、 $phase = |q| / |i|$ （ここで、 $| |$ は絶対値（“abs”）を表す）を用いる。

- すなわち、最外円については、受信信号点の位相 *phase* を算出し（ステップS11）、当該位相 *phase* が $\tan(\theta 3)$ より大きいかな否かを判定する（ステップS12）。なお、 $\tan(\theta 3 = 22.5^\circ)$ は約0.41421となる。

- この判定の結果（ステップS12）、前記位相 $phase \leq \tan(\theta 3)$ である場合には、上位から4番目及び5番目のビット値が“00”であると特定して、
15 つまり、デジタルデータが“xxx00”であると特定する（ステップS13）。

一方、前記位相 $phase > \tan(\theta 3)$ である場合には（ステップS12）、更に、前記位相 *phase* が $\tan(\theta 4)$ より大きいかな否かを判定する（ステップS14）。なお、 $\tan(\theta 4 = 45^\circ)$ は1.0000となる。

- この判定の結果（ステップS14）、前記位相 $phase \leq \tan(\theta 4)$ である場合には、上位から4番目及び5番目のビット値が“01”であると特定して、
20 つまり、デジタルデータが“xxx01”であると特定する（ステップS15）。

一方、前記位相 $phase > \tan(\theta 4)$ である場合には（ステップS14）、更に、前記位相 *phase* が $\tan(\theta 5)$ より大きいかな否かを判定する（ステップS16）。なお、 $\tan(\theta 5 = 67.5^\circ)$ は約2.4142となる。

- 25 この判定の結果（ステップS16）、前記位相 $phase \leq \tan(\theta 5)$ で

ある場合には、上位から4番目及び5番目のビット値が“11”であると特定して、つまり、デジタルデータが“xxx11”であると特定する（ステップS17）。

一方、前記位相 $phase > \tan(\theta_5)$ である場合には（ステップS16）、上位から4番目及び5番目のビット値が“10”であると特定して、つまり、
5 デジタルデータが“xxx10”であると特定する（ステップS18）。これにより、最外円の円周上に位置する信号点について、5ビット分のビット値が全て特定される。なお、位相 $phase = \theta$ ($\theta = \theta_3, \theta_4, \theta_5$) である場合にいずれの信号点に識別するかについては、特に限定はなく、必ずしも本例と同じ処理が行われなくともよい。

10 また、中間円については、受信信号点の位相 $phase$ を算出し（ステップS22）、当該位相 $phase$ が $\tan(\theta_1)$ より大きいかな否かを判定する（ステップS23）。なお、 $\tan(\theta_1 = 30^\circ)$ は約0.57735となる。

この判定の結果（ステップS23）、前記位相 $phase \leq \tan(\theta_1)$ である場合には、上位から4番目及び5番目のビット値が“00”であると特定して、
15 つまり、デジタルデータが“xxx00”であると特定する（ステップS24）。

一方、前記位相 $phase > \tan(\theta_1)$ である場合には（ステップS23）、更に、前記位相 $phase$ が $\tan(\theta_2)$ より大きいかな否かを判定する（ステップS25）。なお、 $\tan(\theta_2 = 60^\circ)$ は約1.73205となる。

この判定の結果（ステップS25）、前記位相 $phase \leq \tan(\theta_2)$ である場合には、上位から4番目及び5番目のビット値が“01”であると特定して、
20 つまり、デジタルデータが“xxx01”であると特定する（ステップS26）。

一方、前記位相 $phase > \tan(\theta_2)$ である場合には（ステップS25）、上位から4番目及び5番目のビット値が“11”であると特定して、つまり、デジタルデータが“xxx11”であると特定する（ステップS27）。これにより、中間円の円周上に位置する信号点について、5ビット分のビット値が全て特定
25

される。なお、位相 $phase = \theta$ ($\theta = \theta 1, \theta 2$) である場合にいずれの信号点に識別するかについては、特に限定はなく、必ずしも本例と同じ処理が行われなくともよい。

ここで、本例では、5ビットのデジタルデータのうちの上位から2番目及び
5 3番目のビット値が象限に基づく値となり、上位から1番目のビット値が信号パワー pow のレベルに基づく値となる。また、最内円については上位から4番目及び5番目のビット値がパワー pow のレベルに基づく値となり、中間円及び最外円については上位から4番目及び5番目のビット値が位相に基づく値となる。

なお、本例では、上記第2図や上記第4図に示されるように、 I/Q の値の
10 絶対値に応じて、デジタルデータを構成する特定のビット（対象ビット）の値が同一の値となるように配置されており、これにより、上記第5図を参照して示したように、デマッピング処理の演算量を大幅に削減することが可能である。また、一般に、信号点を配置する際には、できる限り隣り合う2個の信号点に対応するデータが1ビットの相違となるように配置することが好ましく、これにより、特性の劣化
15 を最小限に抑えることが可能である。本例の信号点配置は、例えば、無線機による通信において行われる演算などの処理量や、無線機による通信において発生する歪や、要求される通信の特性などを考慮して、設定されている。

また、デマッピング処理としては、必ずしも本例のような処理ばかりでなく、種々な処理が用いられてもよい。

20 一例として、次のようにして、2段階の処理手順によりデマッピング処理を行うことも可能である。

すなわち、まず、受信信号点のパワー pow を算出することにより受信信号点を3つの円に対応する3つのパワーレベル（最大レベル、中間レベル、最小レベル）に分別し、次に、最大レベルである信号点については位相に基づいて16個の信号
25 点のいずれかに分別してデジタルデータを確定し、中間レベルである信号点につい

ては位相に基づいて12個の信号点のいずれかに分別してデジタルデータを確定し、最小レベルである信号点については位相に基づいて4個の信号点のいずれかに分別してデジタルデータを確定する。

次に、本例の通信システムにおいて得られる効果の具体例を示す。

5 第6図には、上記第2図に示した本例（本提案例）の信号点配置による32QAMと、上記第10図に示した従来例の信号点配置による32QAMについて、非線形歪の発生源を含む同一の環境において通信を行う場合に観測された特性の一例を示してあり、横軸は信号対雑音比（S/N）[dB]を示しており、縦軸はビット誤り率（BER）を示している。

10 また、第6図では、従来例に係る特性を（a）で示してあり、本例に係る特性を（b）で示してある。

同図に示されるように、本例の信号点配置では、従来の信号点配置と比べて、非線形歪の発生源を含む環境においても、良好な特性を得ることができる。

次に、32QAM以外のQAMについての信号点配置の例を示す。なお、信号点配置の詳しい仕方については、上記第2図に示した本例の32QAMの信号点配置の場合と同様であるため、ここでは簡略的に説明する。なお、ここで記載する例以外についても、種々な多値数のQAMについて、本例と同様な仕方で、種々な信号点配置を実施することが可能である。

20 第7図には、本発明を適用した場合における64QAMのシンボルマッピングの一例を示してあり、I相成分の軸（I軸）を横軸とするとともにQ相成分の軸（Q軸）を縦軸とするI-Q平面上に64個の信号点（白丸（○）で表す）が配置されている。

同図の例では、原点を中心として半径が整数倍となる4個の円が設けられており、半径が小さい方の円から順に、4個の信号点、12個の信号点、16個の信号点、32個の信号点が、それぞれの円の円周上に等間隔でI軸対象で且つQ軸対称

で配置されている。

また、第8図には、本発明を適用した場合における64QAMのシンボルマッピングの他の一例を示してあり、I相成分の軸（I軸）を横軸とするとともにQ相成分の軸（Q軸）を縦軸とするI-Q平面上に64個の信号点（白丸（○）で表す）が配置されている。

同図の例では、原点を中心として半径が整数倍となる4個の円が設けられており、半径が小さい方の円から順に、8個の信号点、12個の信号点、16個の信号点、28個の信号点が、それぞれの円の円周上に等間隔でI軸対象で且つQ軸対称で配置されている。

10 また、128QAMについては、例として、次の（1）～（5）のような信号点配置を用いることが可能である。

（1）5個の円を設け、半径が小さい方の円から順に、4個の信号点、12個の信号点、16個の信号点、32個の信号点、64個の信号点を、それぞれの円の円周上に配置する。

15 （2）5個の円を設け、半径が小さい方の円から順に、8個の信号点、12個の信号点、16個の信号点、32個の信号点、60個の信号点を、それぞれの円の円周上に配置する。

（3）6個の円を設け、半径が小さい方の円から順に、4個の信号点、12個の信号点、16個の信号点、32個の信号点、32個の信号点、32個の信号点を、
20 それぞれの円の円周上に配置する。

（4）6個の円を設け、半径が小さい方の円から順に、8個の信号点、12個の信号点、16個の信号点、28個の信号点、32個の信号点、32個の信号点を、それぞれの円の円周上に配置する。

（5）6個の円を設け、半径が小さい方の円から順に、8個の信号点、12個
25 の信号点、16個の信号点、32個の信号点、28個の信号点、32個の信号点を、

それぞれの円の円周上に配置する。

以上のように、本例の信号点配置を用いて通信する通信システムや通信方法では、同心円状の信号点配置を用いて、シンボルマッピング空間を有効に使用することにより、最小の信号点間隔（信号点間距離）を、例えば従来の信号点配置を用
5 いる場合と比べて、大きく確保することができる。

従って、本例の通信システムや通信方法では、例えば、通信時に発生する非線形歪の影響により $I-Q$ 平面上の信号点に劣化が生じるような場合においても、非線形歪に対する強度が確保されていることから、良好な特性で通信することができ、これにより、良好な品質で通信することができる。そして、通信品質が良好と
10 なるため、例えば、通信の高速化を図ることや、伝送するデータの容量の増大化を図ることが可能である。

具体例として、本例の通信システムや通信方法では、狭帯域においても高速なデータ伝送速度を維持することが可能であり且つ非線形歪に対処することが可能であるような多値変調及びその復調を実現することができ、一例として、デジタル移動体通信において有効帯域幅が 3 kHz 程度である狭帯域によりデジタルデータ通信を行うような場合においても、データ通信の高速性を維持しつつ、送受信の特性を向上させることができる。

また、本例の信号点配置では、最外円の円周上に比較的多数の信号点が配置されており、つまり、振幅が比較的大きい位置に比較的多数の信号点が配置さ
20 れていることから、例えば、限られたシンボルマッピング空間において使用することが可能な振幅を有効に利用することができ、このような点で、電力の有効利用が図られる。

また、本例のような通信装置或いは通信システムは、一例として、従来において用いられている通信装置に対して次のような変更の一部或いは全部を必要に
25 応じて行うことにより、構成することも可能である。

- すなわち、送信側と受信側について従来のシンボルマッピングのテーブルを本例のシンボルマッピングのテーブルへ置き換える変更や、受信側（復調側）についてデマッピング処理の手順を本例に適したもののへ置き換える変更や、また、受信側について等化器のトラッキング時におけるスライサ処理を本例に適したもののへ置き換える変更を行う。

ここで、等化器のトラッキングでは、例えば、所定のアルゴリズムを用いてデータの位相や遅延を追従する処理が行われる。また、等化器のスライサ処理では、例えば、1シンボル分に相当するビット数を処理単位としてデータを区切る処理が行われる。

- 10 また、本例のような信号点配置では、従来の信号点配置と比べて、演算量の点からも、十分に実用することが可能であり、例えば、本例の32QAMでは、従来の32QAMと比較して、演算量が微小に増加する程度であり十分に実用が可能である。

- 15 なお、本例の送信側の通信装置では、シンボルマッピング部4などにより送信対象となるデータをI-Q平面上の信号点へ変換する機能により信号点変換手段が構成されており、信号点から構成される信号を送信機により送信する機能により信号送信手段が構成されている。

- 20 また、本例の受信側の通信装置では、信号を受信機により受信する機能により信号受信手段が構成されており、シンボルデマッピング部16などにより受信信号の信号点のI-Q平面上での位置についての判定を象限やパワーレベルや位相に基づいて行う機能により信号点位置判定手段が構成されており、当該判定結果に基づいてシンボルデマッピング部16により受信信号の信号点をデータへ変換する機能によりデータ変換手段が構成されている。

- 25 ここで、本発明の構成や態様としては、必ずしも以上に示したものに限られず、種々なものが用いられてもよい。

また、本発明の適用分野としては、必ずしも以上に示したものに限られず、本発明は、種々な分野に適用することが可能なものである。

また、本発明に関して行われる各種の処理としては、例えばプロセッサやメモリ等を備えたハードウェア資源においてプロセッサがROM (Read Only Memory) に格納された制御プログラムを実行することにより制御される構成が用いられてもよく、また、例えば当該処理を実行するための各機能手段が独立したハードウェア回路として構成されてもよい。

また、本発明は上記の制御プログラムを格納したフロッピー（登録商標）ディスクやCD (Compact Disc) -ROM等のコンピュータにより読み取り可能な記録媒体や当該プログラム（自体）として把握することもでき、当該制御プログラムを記録媒体からコンピュータに入力してプロセッサに実行させることにより、本発明に係る処理を遂行させることができる。

産業上の利用可能性

以上説明したように、本発明に係る通信方法などによると、I-Q平面上に配置される複数であるM個の信号点を用いて通信するに際して、M個の信号点をI-Q平面上に原点を中心としてI軸方向及びQ軸方向についてそれぞれ等間隔aとなるように配置した場合におけるI軸方向の最大値及びQ軸方向の最大値を有する点と原点との間隔bを半径とする円の内部に又は当該円の上を含む当該円の内部に任意の2個の信号点の間隔が当該等間隔a以上であって少なくとも1組の信号点間については当該等間隔aより大きくなるように配置されたM個の信号点を用いて通信するようにしたため、例えば従来と比べて、通信の特性を向上させることができる。

請 求 の 範 囲

1. I-Q平面上に配置される複数であるM個の信号点を用いて通信する通信方法であって、

M個の信号点をI-Q平面上に原点を中心としてI軸方向及びQ軸方向についてそれぞれ等間隔aとなるように配置した場合におけるI軸方向の最大値及びQ軸方向の最大値を有する点と原点との間隔bを半径とする円の内部に又は当該円の上を含む当該円の内部に、任意の2個の信号点の間隔が当該等間隔a以上であって少なくとも1組の信号点間については当該等間隔aより大きくなるように配置されたM個の信号点を用いて通信する、

ことを特徴とする通信方法。

2. 請求の範囲第1項に記載の通信方法において、

I-Q平面上の原点を中心とする複数の円の上にM個の信号点が配置され、それぞれの円の半径は最小の円の半径の整数倍であり、最大の円の半径は前記間隔bである、

ことを特徴とする通信方法。

3. 請求の範囲第2項に記載の通信方法において、

それぞれの円の上には、4の整数倍個の信号点が等間隔でI軸対称で且つQ軸対称で配置される、

ことを特徴とする通信方法。

4. 受信信号の信号点を、I-Q平面上に配置される複数であるM個の信号点のいずれかに対応するデータへ変換する通信方法であって、

受信信号の信号点のレベルについての判定を行うとともに、当該受信信号の信号点のI-Q平面上での位相についての判定を行い、当該受信信号の信号点をこれらの判定結果に基づく値に相当するデータへ変換する、

ことを特徴とする通信方法。

5. I-Q平面上に配置される複数であるM個の信号点を用いて、送信側の通信装置から受信側の通信装置へ信号を通信する通信システムであって、

送信側の通信装置は、 M 個の信号点を $I-Q$ 平面上に原点を中心として I 軸方向及び Q 軸方向についてそれぞれ等間隔 a となるように配置した場合における I 軸方向の最大値及び Q 軸方向の最大値を有する点と原点との間隔 b を半径とする円の内部に又は当該円の上を含む当該円の内部に、任意の 2 個の信号点の間隔が当該等間隔 a 以上であって少なくとも 1 組の信号点間については当該等間隔 a より大きくなるように M 個の信号点を配置する信号点配置を用いて、送信対象となるデータを信号点へ変換する信号点変換手段と、

信号点変換手段により変換された信号点から構成される信号を送信する信号送信手段と、を備え、

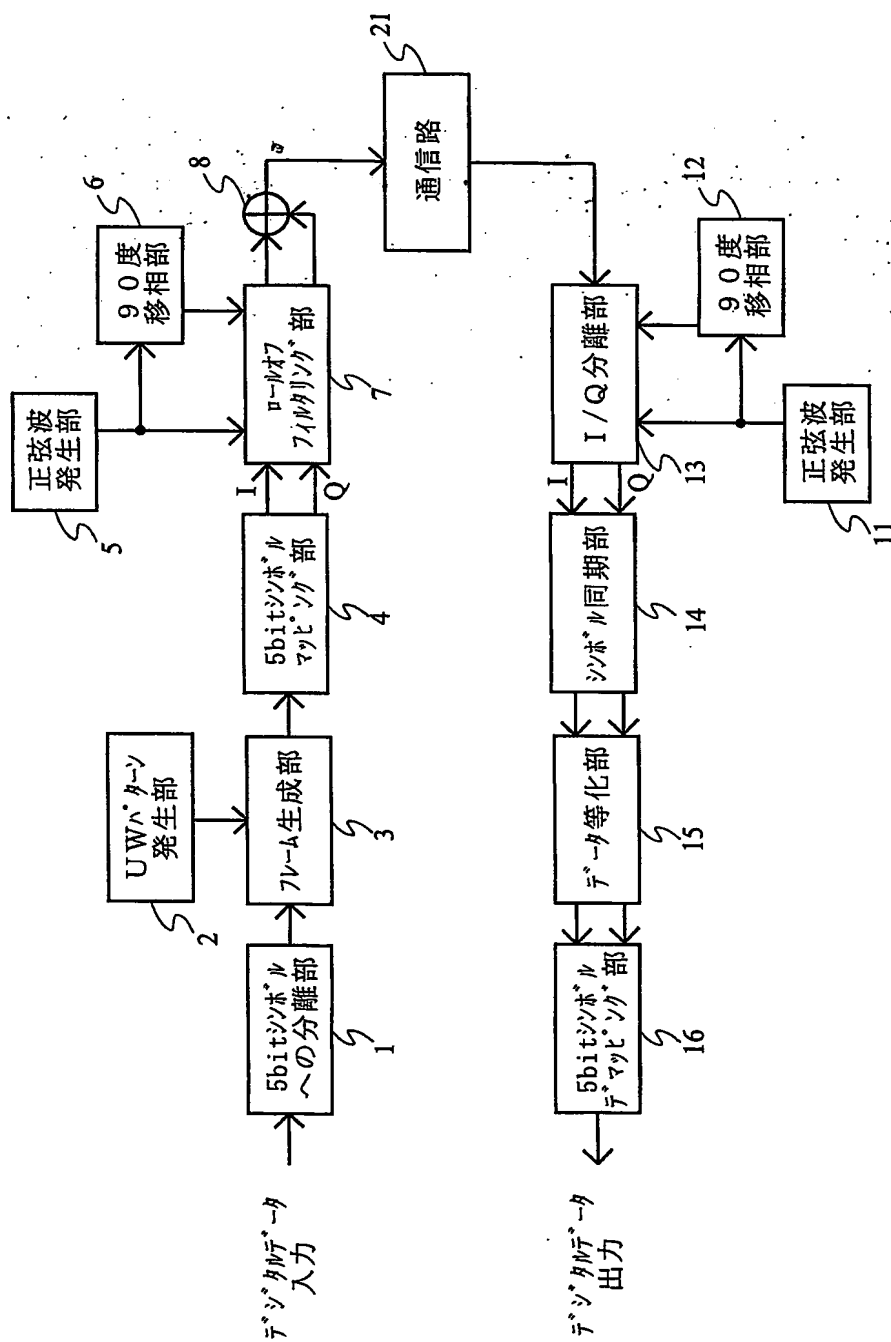
受信側の通信装置は、信号を受信する信号受信手段と、

受信信号の信号点の $I-Q$ 平面上での位置についての判定を行う信号点位置判定手段と、

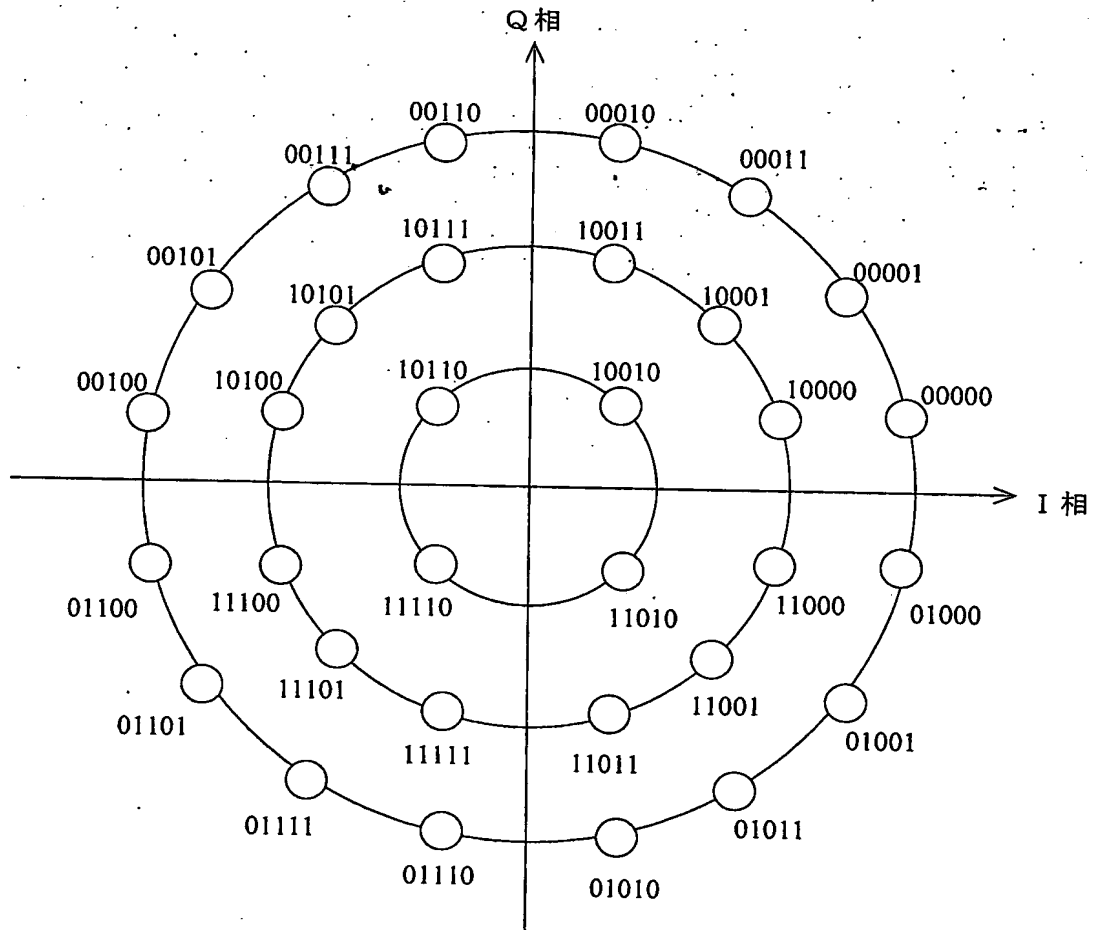
受信信号の信号点を、信号点位置判定手段による判定結果に基づいて識別される信号点に対応するデータへ変換するデータ変換手段と、を備えた、

ことを特徴とする通信システム。

第 1 図

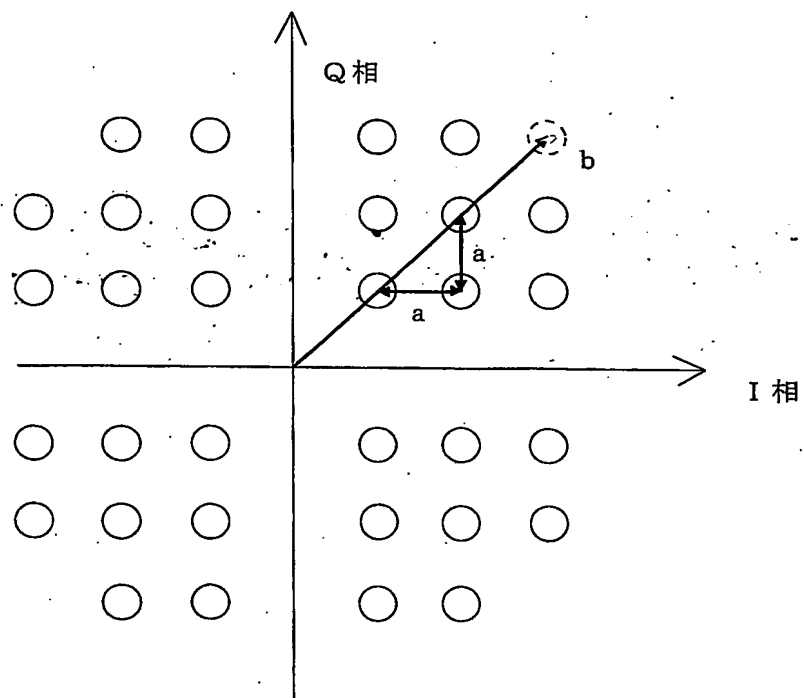


第 2 図

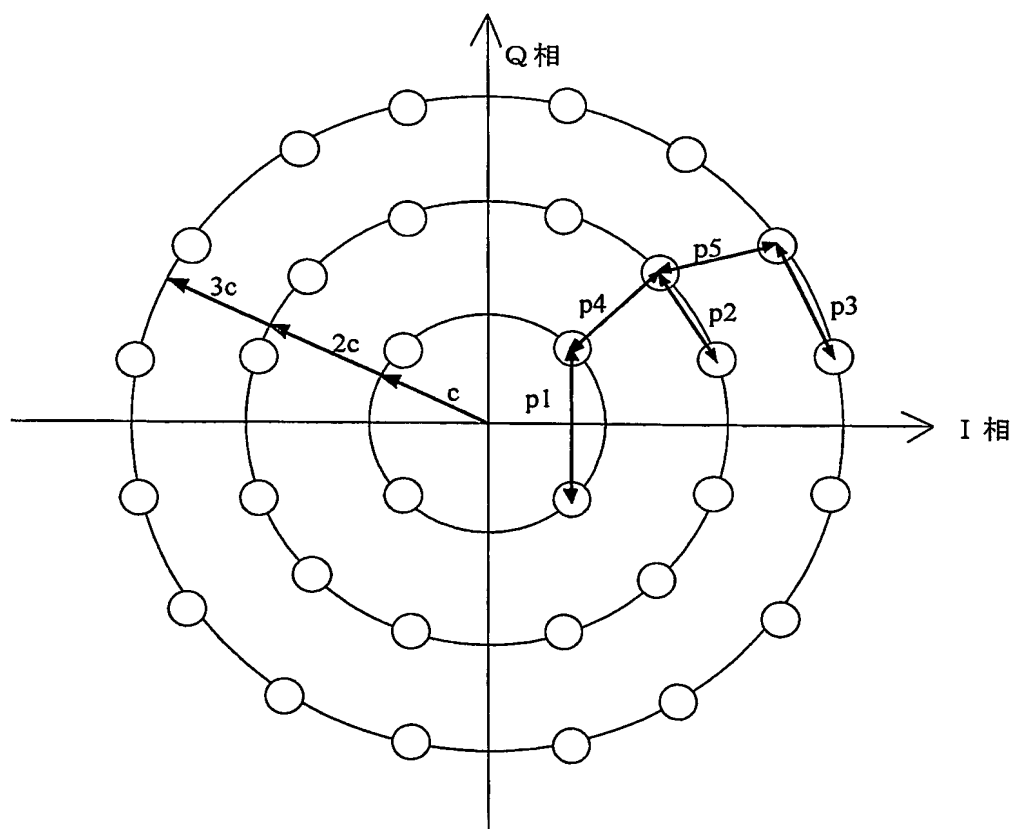


第 3 図

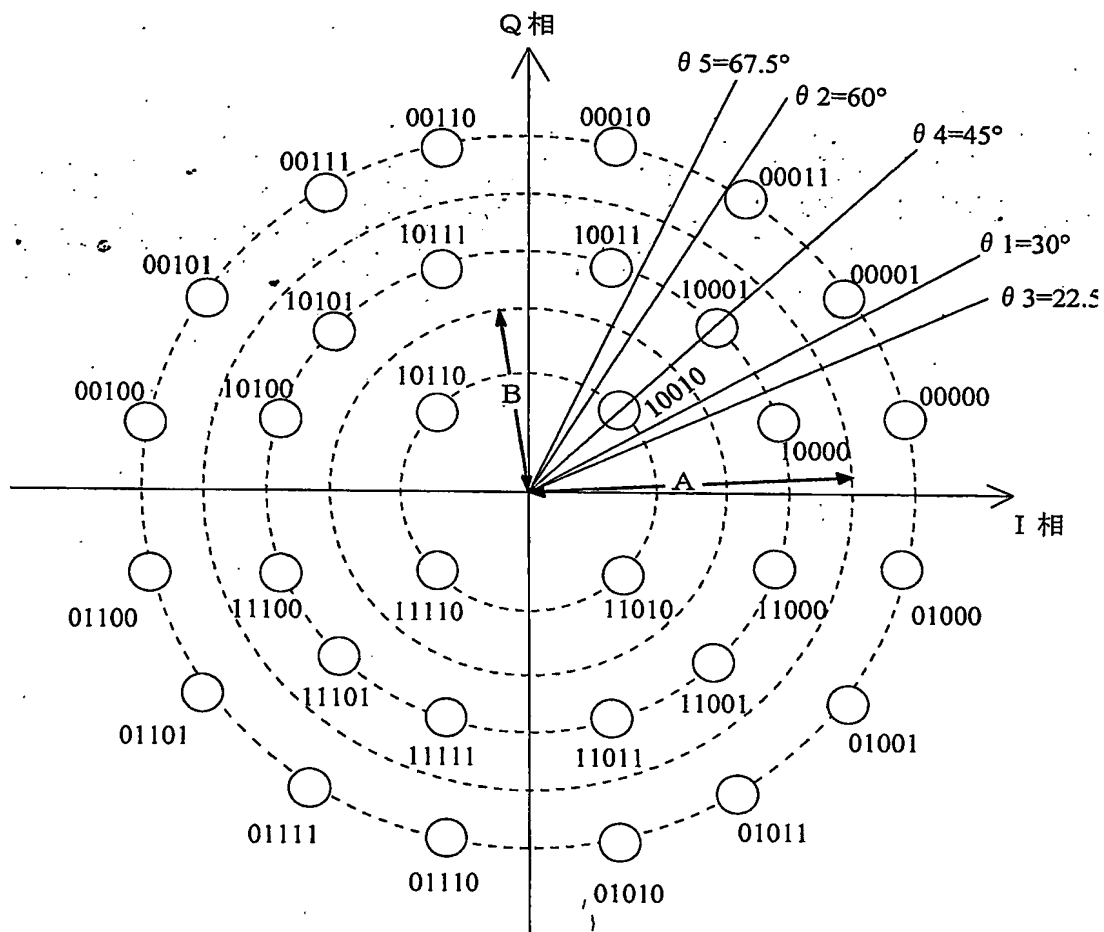
(a)



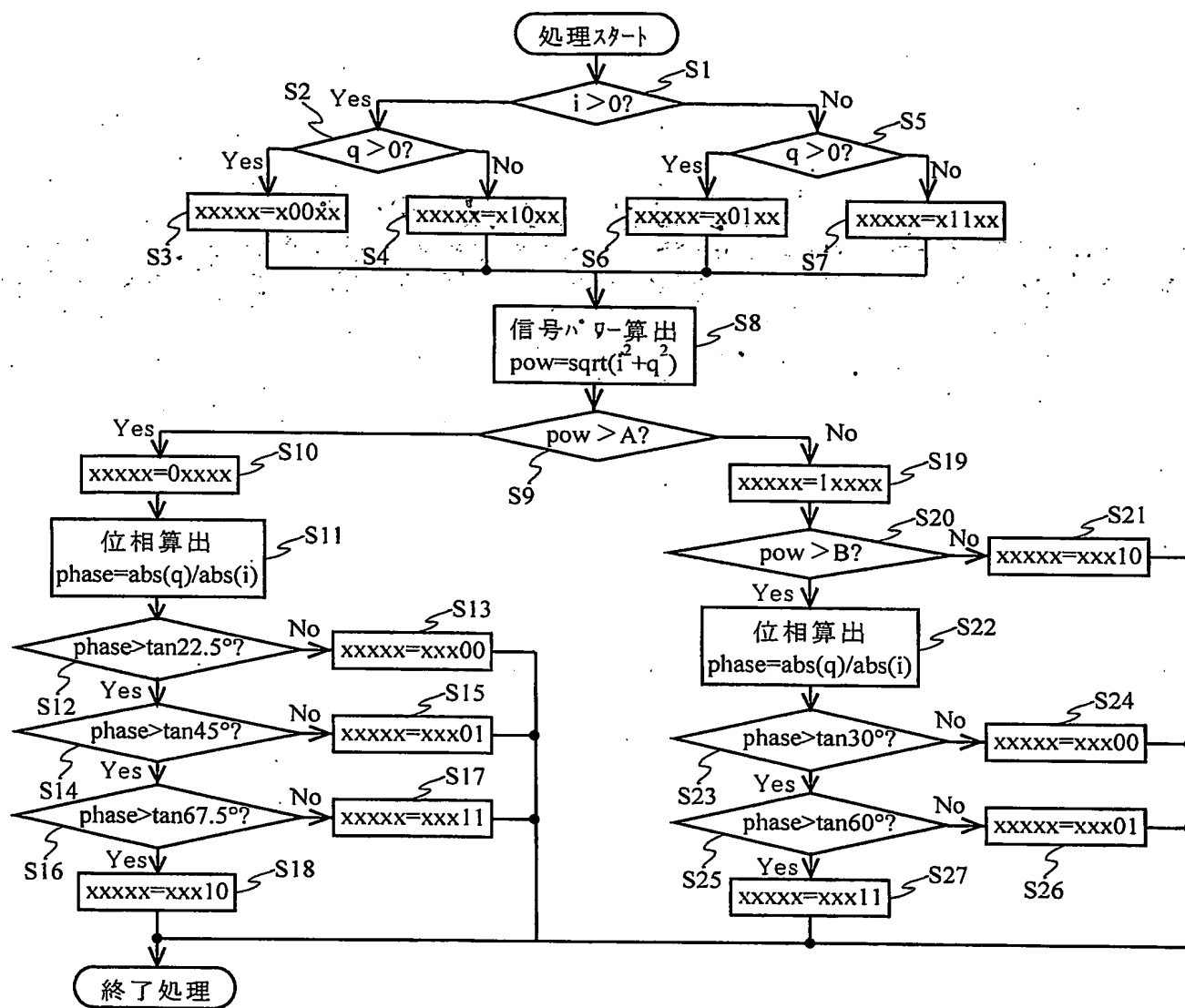
(b)



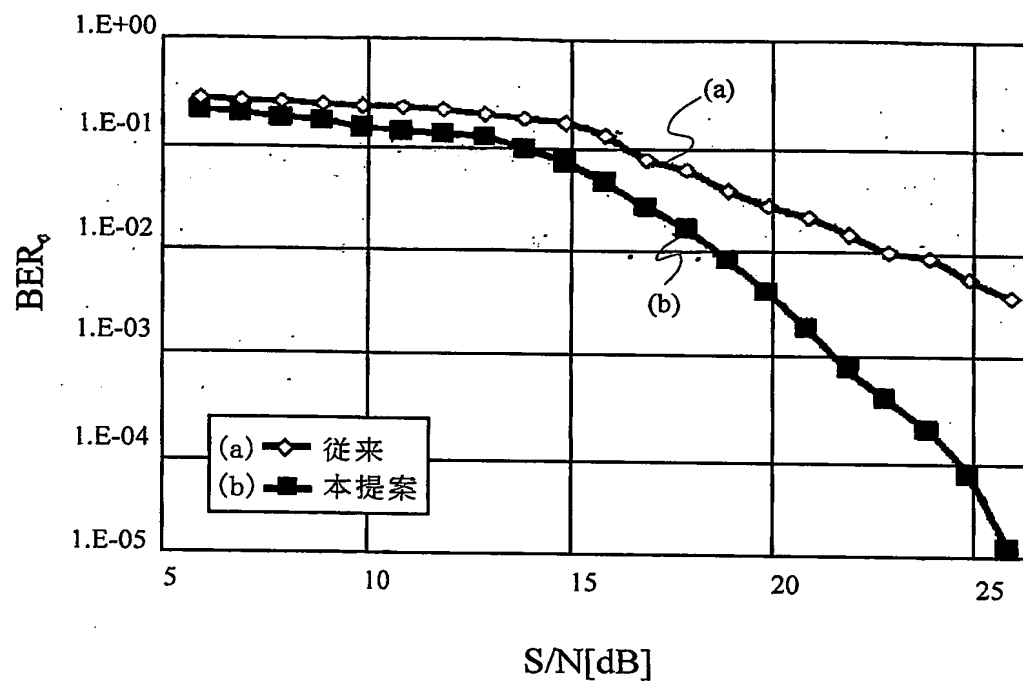
第 4 図



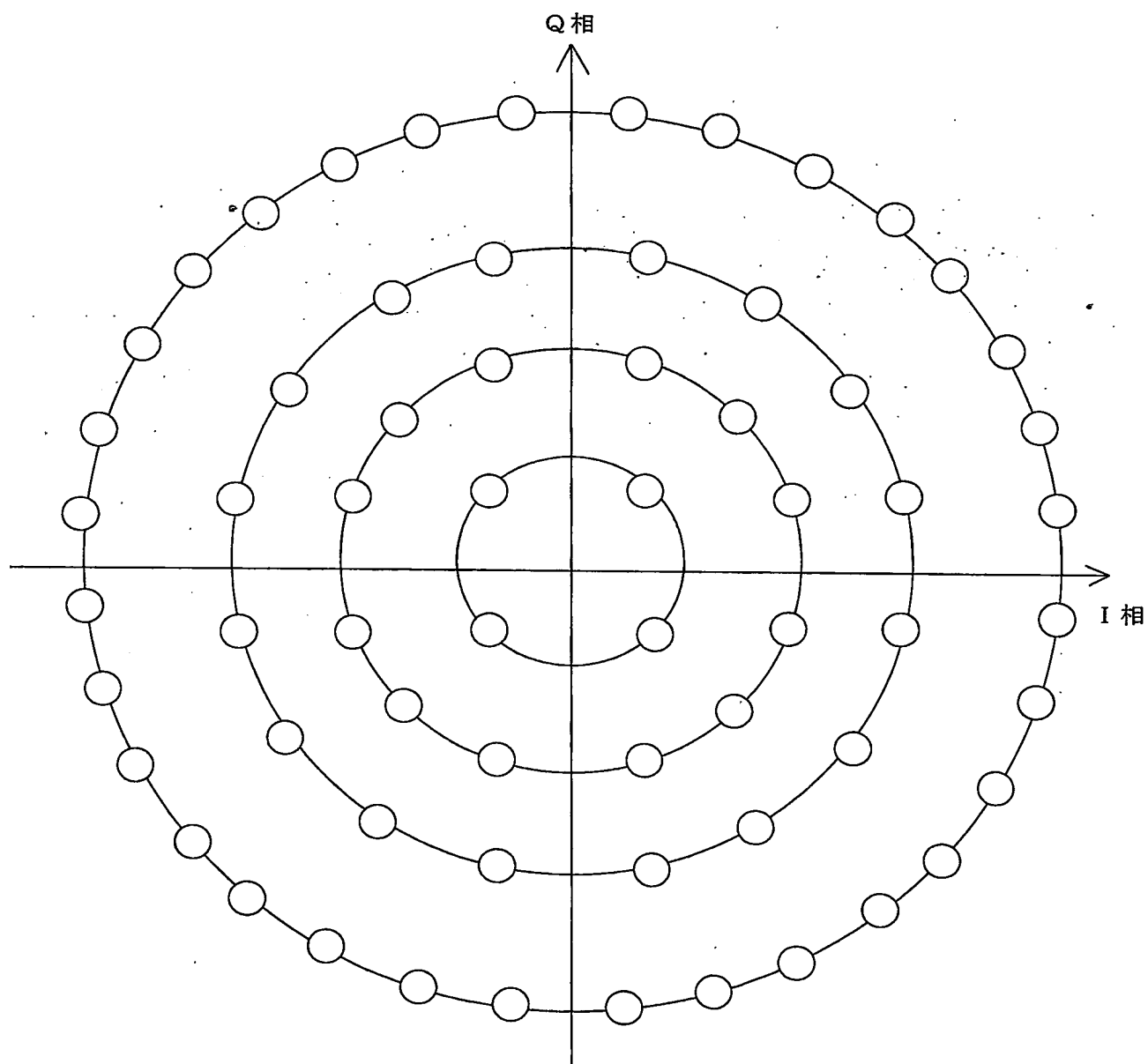
第 5 図



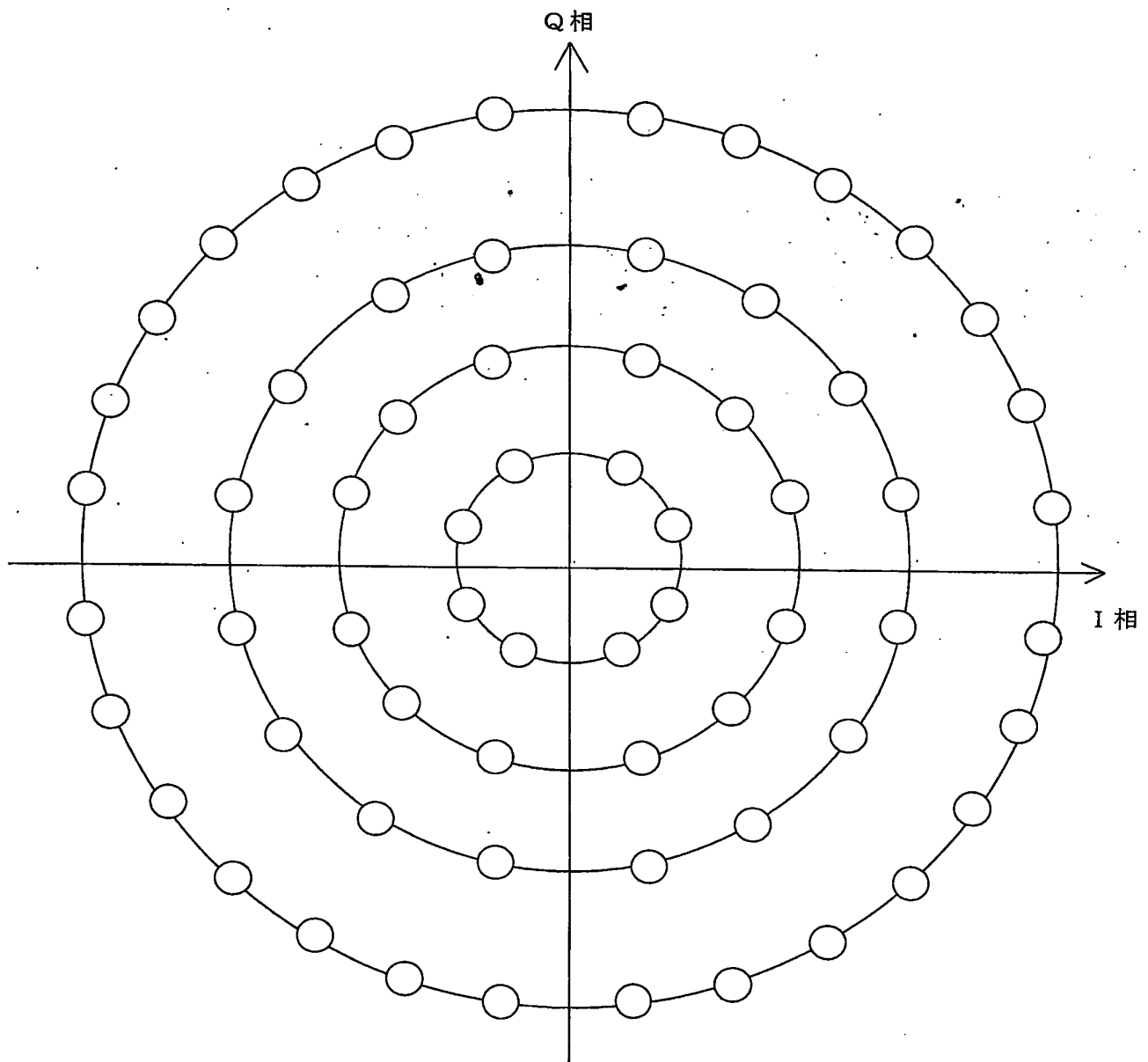
第 6 図



第 7 図



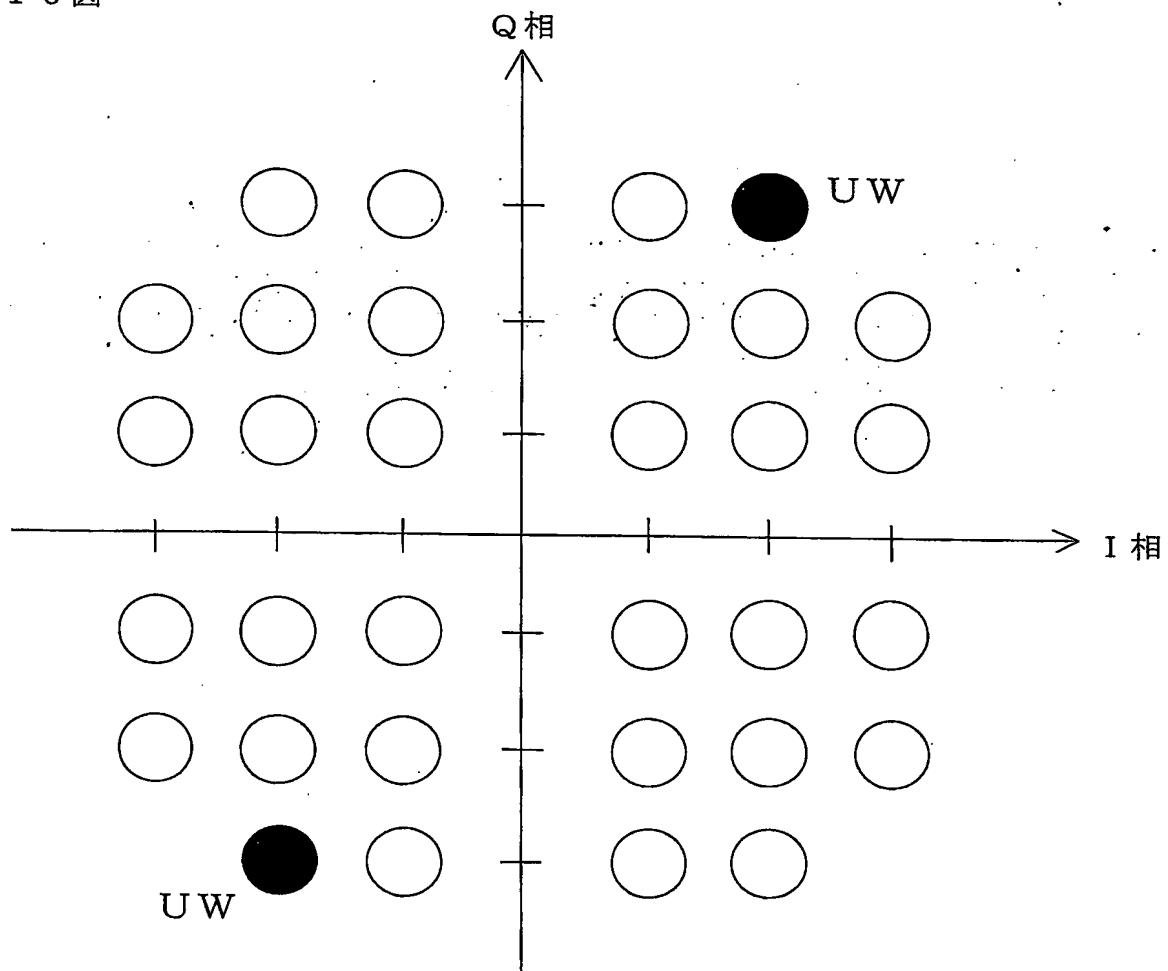
第 8 図



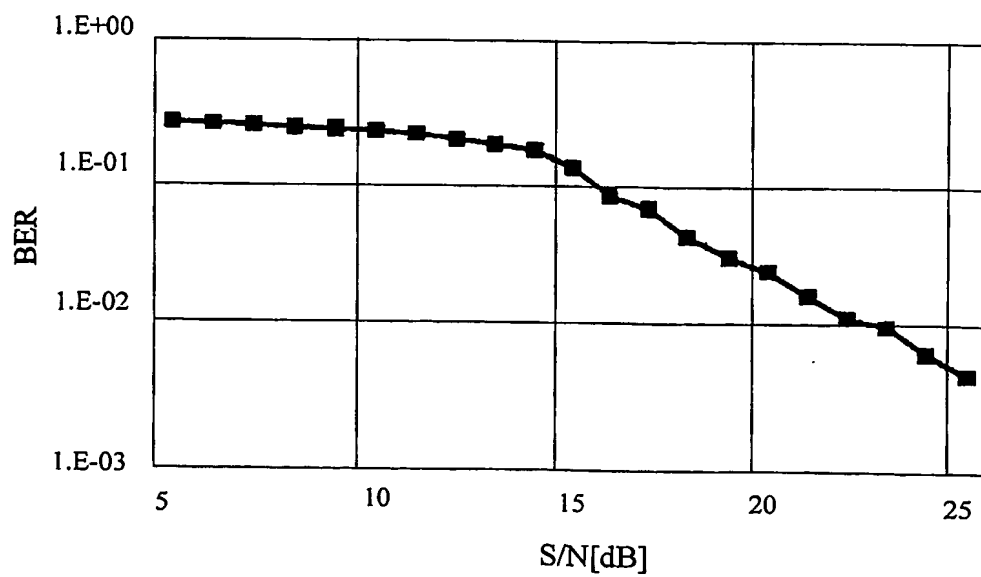
第 9 図

9.6kbps 実現時の 32QAM 及び 64QAM の諸元例		
項 目	32QAM	64QAM
標本化周波数	16kHz	16kHz
オーバーサンプリング	8 倍	8 倍
キーイング	2kbaud	2kbaud
全体ビットレート	10kbps	12kbps
冗長情報レート	0.4kbps	2.4kbps
冗長情報 : データ比	1:24	1:4

第 1 0 図



第 1 1 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15082

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H04L27/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H04L27/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	C. MELVIL THOMAS, MICHAEL Y. WEIDNER, S.H. DURRANI, 'Digital Amplitude-Phase Keying with M-ary Alphabets', IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, February, 1974, Vol.COM-22, No.2, pages 168 to 179, especially Figs. 3(c).(d)(f), 4(c)(d), 5(c)(d), 6(c)(d)	1-3, 5
X Y	JP 07-087150 A (Fujitsu Ltd.), 31 March, 1995 (31.03.95), Page 3, right column, line 30 to page 4, left column, line 7; page 5, right column, lines 27 to 30; page 6, right column, lines 32 to 41; page 7, left column, lines 28 to 30; Figs. 2, 3, 9, 16, 19 (Family: none)	1, 5 3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
27 February, 2004 (27.02.04)

Date of mailing of the international search report
09 March, 2004 (09.03.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15082

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 61-024354 A (Hitachi, Ltd.), 03 February, 1986 (03.02.86), Page 2, lower left column, line 13 to page 3, lower right column, line 1; Figs. 2, 5 to 11 (Family: none)	4
X	JP 02-217045 A (Fujitsu Ltd.), 29 August, 1990 (29.08.90), Page 2, upper right column, line 11 to lower left column, line 14, lower left column, line 16 to page 3, upper right column, line 3; Figs. 1, 2 & EP 383349 A & EP 383349 B1 & CA 2010109 A & DE 69019018 E & US 5515400 A	1, 3
A	JP 11-004274 A (Hitachi Denshi, Ltd.), 06 January, 1999 (06.01.99), Page 5, right column, lines 27 to 29; Fig. 2 & US 6046629 A	2
A	JP 60-150359 A (Toshiba Corp.), 08 August, 1985 (08.08.85), Page 4, upper left column, lines 7 to 16; Fig. 4 (Family: none)	4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15082

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The inventions of claims 1-3, 5 relate to a technique wherein M signal points are arranged on the I-Q plane at regular intervals a both in the I-axis and Q-axis directions, centering the origin of the I-Q plane, in such a way that within a circle the radius of which is the distance b between a point having the maximum values both in the I-axis and Q-axis directions and the origin, or within the circle and on its periphery, the distance between arbitrary two signal points is longer than the regular intervals a and the distance between at least one set of signal points is longer than the regular intervals.

The invention of claim 4 relates to a technique of converting M signal points on the I-Q plane into data.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP03/15082

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H04L27/34

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H04L27/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	C. MELVIL THOMAS, MICHAEL Y. WEIDNER, S. H. DURRANI, 'Digital Amplitude-Phase Keying with M-ary Alphabets' IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, FEBRUARY 1974, VOL. COM-22, NO. 2, P. 168-179, especially Fig. 3(c) (d) (f), Fig4(c) (d), Fig5(c) (d), Fig6(c) (d)	1-3, 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 27.02.2004

国際調査報告の発送日 09.3.2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
高野 洋

5K 3149

電話番号 03-3581-1101 内線 3556

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 07-087150 A (富士通株式会社), 1995. 03. 31 第3頁右欄第30行目～第4頁左欄第7行目, 第5頁右欄第27行目～第30行目, 第6頁右欄第32行目～第41行目, 第7頁左欄第28行目～第30行目, 第2図, 第3図, 第9図, 第16図, 第19図 (ファミリーなし)	1, 5 3
X	JP 61-024354 A (株式会社日立製作所), 1986. 02. 03 第2頁左下欄第13行目～第3頁右下欄第1行目, 第2図, 第5図～第11図 (ファミリーなし)	4
X	JP 02-217045 A (富士通株式会社), 1990. 08. 29 第2頁右上欄第11行目～左下欄第14行目, 第2頁左下欄第16行目～第3頁右上欄第3行目, 第1図, 第2図 &EP 383349 A &EP 383349 B1 &CA 2010109 A &DE 69019018 E &US 5515400 A	1, 3
A	JP 11-004274 A (日立電子株式会社), 1999. 01. 06 第5頁右欄第27行目～第29行目, 第2図 &US 6046629 A	2
A	JP 60-150359 A (株式会社東芝), 1985. 08. 08 第4頁左上欄第7行目～第16行目, 第4図 (ファミリーなし)	4

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-3, 5は、M個の信号点をI-Q平面上に原点を中心としてI軸方向及びQ軸方向についてそれぞれ等間隔aとなるように配置した場合におけるI軸方向の最大値及びQ軸方向の最大値を有する点と原点との間隔bを半径とする円の内部に又は当該円の上を含む当該円の内部に、任意の2個の信号点の間隔が当該等間隔a以上であって少なくとも1組の信号点間については当該等間隔aより大きくなるように配置する技術に関するものである。請求の範囲4は、I-Q平面上のM個の信号点をデータへ変換する技術に関するものである。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。